

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-180188

(43)Date of publication of application : 26.06.2002

(51)Int.Cl. C22C 38/00  
C21D 9/46  
C22C 38/14

(21)Application number : 2000-372460

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 07.12.2000

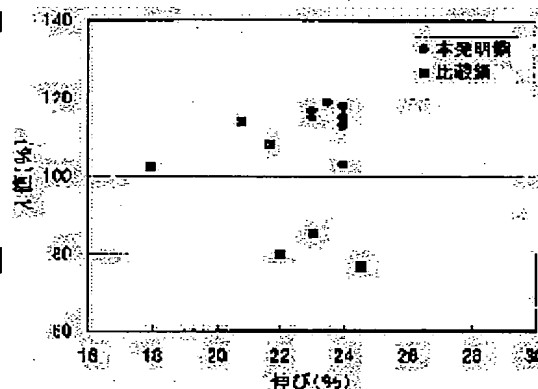
(72)Inventor : OKADA HIROYUKI  
ASO TOSHIMITSU  
OKAMOTO TSUTOMU

(54) HIGH STRENGTH HOT ROLLED STEEL SHEET HAVING EXCELLENT HOLE EXPANDABILITY AND DUCTILITY AND ITS PRODUCTION METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high strength hot rolled steel sheet which has strength of  $\geq 770$  N/mm<sup>2</sup>, and combines high hole expandability and ductility, and to provide a method for producing the steel sheet.

SOLUTION: Steel having a composition containing, by mass, 0.01 to 0.08% C, 0.30 to 1.50% Si, 0.50 to 2.50% Mn,  $\leq 0.03\%$  P,  $\leq 0.005\%$  S and one or two kinds of 0.01 to 0.20% Ti and 0.01 to 0.04% Nb, and the balance iron with inevitable impurities, and in which the contents of C, Si, Mn, Ti and Nb satisfy the inequality of  $115 \leq (917 - 480[C\%] + 100[Si\%] - 100[Mn\%] - 790 \times ([Ti\%] + [Nb\%]/2) \times 0.05) \leq 235$  is hot-rolled into a steel sheet having a steel structure of  $\geq 80\%$  ferrite, and the balance bainite.



(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-180188

(P2002-180188A)

(43) 公開日 平成14年6月26日 (2002.6.26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 W 4 K 0 3 7
C 2 1 D 9/46		C 2 1 D 9/46	T
C 2 2 C 38/14		C 2 2 C 38/14	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-372460 (P2000-372460)

(22) 出願日 平成12年12月7日 (2000.12.7)

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 岡田 浩幸

愛知県東海市東海町5-3 新日本製鐵株式会社名古屋製鐵所内

(72) 発明者 麻生 敏光

愛知県東海市東海町5-3 新日本製鐵株式会社名古屋製鐵所内

(74) 代理人 100078101

弁理士 綿貫 達雄 (外2名)

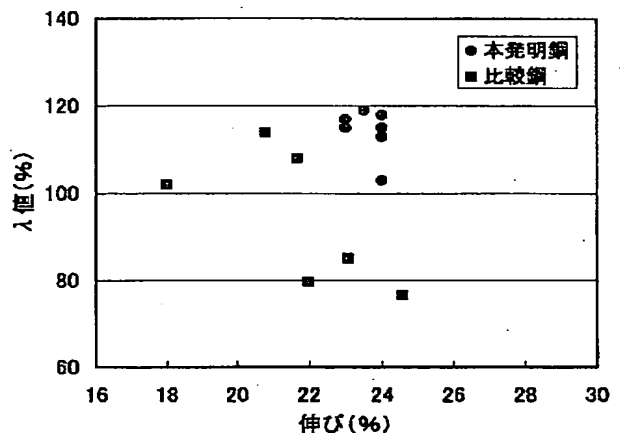
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板及びその製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 高い穴抜け性と延性とを併せ持つ強度770N/mm<sup>2</sup>以上の高強度熱延鋼板およびその鋼板の製造方法をを提供する。

【解決手段】 質量%で、C 0.01~0.08%、Si 0.30 ~ 1.50%、Mn 0.50 ~ 2.50%、P ≤ 0.03%、S ≤ 0.005%、及びTi 0.01 ~ 0.20%、Nb 0.01 ~ 0.04%の1種または2種を含有し、残部鉄及び不可避免的不純物からなり、C、Si、Mn、Ti及びNbの含有量が、式  $115 \leq (917 - 480 [C\%] + 100 [Si\%] - 100 [Mn\%]) - (790 \times ([Ti\%] + [Nb\%]/2)^{0.05}) \leq 235$  を満たす鋼を熱間圧延して、鋼組織がフェライト80%以上、残部ベイナイトよりなる鋼板となす。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 質量%で、C 0.01～0.08%、Si 0.30～1.50%、Mn 0.50～2.50%、P ≤0.03%、S ≤0.005%、及びTi 0.05～0.20%、Nb 0.01～0.04%の1種または2種を含有し、残部鉄及び不可避免の不純物からなり、C、Si、Mn、Ti及びNbの含有量が、

$$\text{式 } 115 \leq (917 - 480[\text{C}\%] + 100[\text{Si}\%] - 100[\text{Mn}\%]) - (790 \times ([\text{Ti}\%] + [\text{Nb}\%]/2)^{0.05}) \leq 235$$

を満たす鋼よりなる高強度熱延鋼板であって、鋼組織がフェライト80%以上、残部ベイナイトよりなり、強度が770N/mm<sup>2</sup>以上であることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板。

【請求項2】 Ca、REM の1種または2種を0.0005～0.01%含有する請求項1記載の穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板。

【請求項3】 請求項1または2に記載の穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板を製造するに際し、前記組成の鋼を、圧延終了温度をAr<sub>3</sub> 変態点～950℃として熱間圧延し、引続き20℃/sec以上の冷却速度で650～800℃まで冷却したうえ、2～15秒空冷し、さらに、20℃/sec以上の冷却速度で350～600℃に冷却して巻き取ることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主としてプレス加工される自動車足廻り部品等を対象とし、1.0～6.0mm程度の板厚で、770N/mm<sup>2</sup>以上の強度を有する穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板及びその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、自動車の環境問題を契機に燃費改善対策としての車体軽量化、部品の一体成形化によるコストダウンのニーズが強まり、プレス加工性に優れた高強度熱延鋼板の開発が進められてきた。従来、かかる加工用高強度熱延鋼板としては、フェライト・マルテンサイト組織、フェライト・ベイナイト組織からなる混合組織のもの、或いはベイナイト、フェライト主体のほぼ単相組織のものが広く知られている。

【0003】しかし、フェライト・マルテンサイト組織においては、変形の初期からマルテンサイトの周囲にミクロボイドが発生して割れを生じるため、穴抜け性に劣る問題があり、足廻り部品等の高い穴抜け性が要求される用途には不向きであった。

【0004】高強度熱延鋼板において、穴抜け性と延性とは相反する傾向を示すことが知られているが、フェライト・ベイナイト組織において穴抜け性を改善する1手段としてフェライトとベイナイトの硬度差を小さくする手段がある。しかしながら、硬度を硬いベイナイトに合わせれば延性が大幅に悪化し、軟質なフェライトに合

せれば強度不足となってしまう。この強度不足を補うためには大量の析出物を分散させて鋼板を強化することが必要となり、結果として延性を低下させてしまうこととなる。特開平4-88125号公報、特開平3-180426号公報には、ベイナイトを主体とした組織を有する鋼板が開示されているが、ベイナイトを主体とした組織であるため穴抜け性は優れるものの、軟質なフェライト相が少ないため延性に劣る。また、特開平6-172924号公報、特開平7-11382号公報ではフェライトを主体とした組織を有する鋼板が開示されているが、穴抜け性は優れているが、強度を確保するために硬質な炭化物を析出させているのでやはり延性に劣る。

【0005】また、特開平6-200351号公報にはフェライト・ベイナイト組織を有する穴抜け性、延性に優れた鋼板が開示されており、特開平6-293910号公報には2段冷却を用いることによってフェライト占有率を制御することで穴抜け性、延性が両立する鋼板の製造方法が開示されている。しかしながら、自動車のさらなる軽量化、部品の複雑化等を背景にさらに高い穴抜け性、延性が求められ、鋼板には上記した技術では対応しきれない高度な加工性と高い強度を有することが求められている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記した従来の問題点を解決し、高い穴抜け性と延性とを併せ持つ強度770N/mm<sup>2</sup>以上の高強度熱延鋼板およびその鋼板の製造方法をを提供するためになされたものである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するためになされた本発明の穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板は、質量%で、C 0.01～0.08%、Si 0.30～1.50%、Mn 0.50～2.50%、P ≤0.03%、S ≤0.005%、及びTi 0.05～0.20%、Nb 0.01～0.04%の1種または2種を含有し、残部鉄及び不可避免の不純物からなり、C、Si、Mn、Ti及びNbの含有量が、式  $115 \leq (917 - 480[\text{C}\%] + 100[\text{Si}\%] - 100[\text{Mn}\%]) - (790 \times ([\text{Ti}\%] + [\text{Nb}\%]/2)^{0.05}) \leq 235$  を満たす高強度熱延鋼板であって、鋼組織がフェライト80%以上、残部ベイナイトよりなり、強度が770N/mm<sup>2</sup>以上であることを特徴とするものである。なお、高強度熱延鋼板はCa、REM の1種または2種を0.0005～0.01%含有することができる。

【0008】また、本発明の穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法は、請求項1または2に記載の穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板を製造するに際し、前記組成の鋼を、圧延終了温度をAr<sub>3</sub> 変態点～950℃として熱間圧延し、引続き20℃/sec以上の冷却速度で650～800℃まで冷却したうえ、2～15秒空冷し、さらに、20℃/sec以上の冷却速度で350～600℃に冷却して巻き取ることを特徴とするものである。

## 【0009】

【発明の実施の形態】本発明者らは強度770N/mm<sup>2</sup>以上の高強度熱延鋼板において延性の改善を図るにはフェライト粒径を拡大することが有効であることを知見し、本発明を完成するに至った。即ち、フェライト・ベイナイト鋼において延性を高めるフェライトと強度を確保するTi、C、NbCからなる析出物に着目し、フェライト粒を十分成長させて穴抜け性を低下させずに延性を改善し、その後析出物を生成させて強度を確保するための関係式を見出した結果なされたものである。

【0010】本発明において高強度熱延鋼板中のCは0.01～0.08%とする。Cは炭化物を析出して強度を確保するに必要な元素であって0.01%未満では所望の強度を確保することが困難になる。一方、0.08%を超えると延性の低下が大きくなるからである。

【0011】Siは本発明において最も重要な元素の一つであり、有害な炭化物の生成を抑え組織をフェライト主体で残部ベイナイトの複合組織とするに重要であって、またSiの添加により強度と延性を両立させることができる。このような作用を得るためには0.3%以上の添加が必要である。しかし、添加量が増加すると化成処理性が低下するほか点溶接性も劣化するため1.5%を上限とする。なお、Siの範囲を0.9～1.2%とするのが穴抜け性と延性を効果的に両立させることができ望ましい。

【0012】Mnは本発明において重要な元素の一つで、強度の確保に必要な元素であり、このためには0.50%以上の添加を必要とする。しかし、2.5%を超えて多量に添加するとミクロ偏析、マクロ偏析が起こりやすくなり、穴抜け性を劣化させる。なお、穴抜け性と延性を効果的に両立させるにはMnの範囲を1.00～1.50%とするのが望ましい。

【0013】Pはフェライトに固溶してその延性を低下させるので、その含有量は0.03%以下とする。また、SはMnSを形成して破壊の起点として作用し著しく穴抜け性、延性を低下させるので0.005%以下とする。

【0014】Ti、Nbも本発明において最も重要な元素の一つであり、TiC、NbCなどの微細な炭化物を析出させて強度を確保するに有効な元素である。この目的のためにはTi 0.05～0.20%、Nb 0.01～0.04%の1種または2種を添加することが必要である。Tiが0.05%未満、Nbが0.01%未満では強度を確保することが困難であり、Tiが0.20%、Nbが0.04%を超えると析出物が多量生成しすぎて延性が劣化するからである。

【0015】Ca、REMは硫化物系介在物の形態を制御し穴抜け性の向上に有効な元素である。この形態制御効果を有効ならしめるためにはCa、REMの1種または2種を0.0005%以上添加するのが望ましい。一方、多量の添加は硫化物系介在物の粗大化を招き、清浄度を悪化させて延性を低下させるのみならず、コストの上昇を招くので、上限を0.01%とする。

【0016】また、C、Si、Mn、Ti及びNbの含有量が、

式  $115 \leq (917 - 480[\text{C}\%] + 100[\text{Si}\%] - 100[\text{Mn}\%]) - (790 \times ([\text{Ti}\%] + [\text{Nb}\%]/2)^{0.05}) \leq 235$  を満たすことが必要である。式の左項 $(917 - 480[\text{C}\%] + 100[\text{Si}\%] - 100[\text{Mn}\%])$ はフェライト生成し易さを示し、右項 $(790 \times ([\text{Ti}\%] + [\text{Nb}\%]/2)^{0.05})$ はTiC、NbC等の炭化物析出し易さを示す。フェライトを優先的に生成させてその粒を成長させるため粒成長抑制効果のある炭化物の析出を抑える。このためには式によって計算される値が115以上であることが必要である。一方、炭化物の析出を抑え過ぎると固溶Cがベイナイトに濃化してベイナイトの硬さを増加してフェライトとの硬度差を大きくするので穴抜け性が悪化してしまう。従って、効果的に炭化物を析出させて穴抜け性を向上させるには式によって計算される値が235以下とすることが必要である。

【0017】本発明の穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板は、上記したような成分を含有するスラブなどの鋼片を熱間圧延して高強度熱延鋼板を製造すればよいが、高強度熱延鋼板における鋼組織はフェライトは80%以上、残部ベイナイトよりなる二相組織のものとする。フェライトが80%未満である場合には延性の低下が大きくなるので、フェライト・ベイナイト組織中のフェライトの量は80%以上とする必要がある。なお、ベイナイトには少量の残留γが含まれることがある。

【0018】しかして、本発明の穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板を製造するには、前記した組成の鋼片を熱間圧延するに際し、圧延終了温度をフェライトの生成を抑え穴抜け性を良好にするため、Ar<sub>3</sub>変態点～950℃として熱間圧延し、引続き20℃/sec以上の冷却速度で650～800℃まで冷却したうえ、2～15秒空冷し、さらに、20℃/sec以上の冷却速度で350～600℃に冷却して巻き取る。圧延終了温度をフェライトの生成を抑え穴抜け性を良好にするため、Ar<sub>3</sub>変態点以上とする必要がある。しかし、あまり高温にすると組織の粗大化による強度及び延性の低下を招くことになるので仕上げ圧延終了温度は950℃以下とする必要がある。

【0019】また、圧延終了直後に鋼板を急速冷却することは高い穴抜け性を得るために重要であって、その冷却速度は20℃/sec以上を必要とする。20℃/sec未満では穴抜け性に有害な炭化物形成を抑制するのが困難となるからである。

【0020】次に、鋼板の急速冷却を一旦停止して空冷を施すことはフェライトを析出してその占有率を増加させ、延性を向上させるために重要である。しかしながら、空冷開始温度が650℃未満では穴抜け性に有害なパーライトが早期より発生する。一方、空冷開始温度が800℃を超える場合にはフェライトの生成が遅く空冷の効果が得にくいばかりでなく、その後の冷却中におけるパーライトの生成が起こりやすい。従って、空冷開始温度は650～800℃の間とする。また、空冷時間が15秒を超えてもフェライトの増加は飽和するばかりでなく、その

10

20

30

40

50

後の冷却速度、巻取温度の制御に負荷がかかる。従って、空冷時間は15秒以下とする。なお、空冷時間が2秒未満ではフェライトを十分析出させることはできない。

【0021】空冷後は再度鋼板を急速に冷却するが、その冷却速度はやはり20℃/sec以上を必要とする。20℃/sec未満では有害なパーライトが生成し易くなるからである。そして、この急冷の停止温度、即ち巻取温度は350～600℃とする。巻取温度が350℃未満では穴抜け性に有害な硬質のマルテンサイトが発生するためであり、一方、600℃を超えると穴抜け性に有害なパーライト、粒界セメンタイトが生成し易くなるからである。

【0022】以上のような成分と熱延条件の組み合わせにより、フェライト占有率80%以上で残部ベイナイトの\*

\* 鋼組織を有する穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板強度熱延鋼板を製造することができる。更に、本発明鋼板の表面に表面処理（例えば亜鉛メッキ等）が施されていても本発明の効果を有し、本発明を逸脱するものではない。

【0023】

【実施例】表1に示す化学成分組成を有する鋼を転炉溶製して、連続鑄造によりスラブとし、同じく表1に示す熱延条件にて圧延・冷却し、板厚2.6～3.2mmの熱延鋼板を製造した。なお、急速冷却の速度は40℃/sec、空冷時間は10秒とした。

【0024】

【表1】

No.	化学成分(質量%)									仕上温度 ℃	空冷開始 温度、℃	巻取温度 ℃	区分
	C	Si	Mn	P	S	Ti	Nb	Ca	REM				
1	0.03	1.55	2.00	0.006	0.001	0.100	-	-	-	920	720	450	本発明例
2	0.03	0.90	1.50	0.007	0.001	0.150	-	0.0025	-	920	720	500	本発明例
3	0.03	1.20	1.25	0.006	0.001	0.130	0.030	-	-	930	700	500	本発明例
4	0.04	1.50	1.00	0.006	0.001	0.150	-	-	-	910	680	480	本発明例
5	0.04	1.15	1.30	0.007	0.001	0.120	0.030	0.0030	-	920	700	500	本発明例
6	0.05	1.05	1.40	0.008	0.001	0.130	0.030	-	-	890	720	530	本発明例
7	0.05	1.20	1.45	0.007	0.001	0.135	-	-	-	890	700	580	本発明例
8	0.05	1.35	1.85	0.006	0.001	0.175	0.035	0.0030	-	900	650	490	本発明例
9	0.06	1.20	1.45	0.007	0.001	0.135	-	0.0025	-	900	720	370	本発明例
10	0.06	1.25	1.05	0.006	0.001	0.130	0.025	-	-	900	750	510	本発明例
11	0.04	1.15	1.30	0.007	0.001	0.150	0.030	-	0.0025	920	700	500	本発明例
12	0.03	0.51	1.45	0.071	0.001	0.248	-	-	-	880	660	550	比較例
13	0.03	0.51	1.48	0.010	0.001	0.151	0.013	-	-	870	880	450	比較例
14	0.04	0.70	2.20	0.013	0.002	0.130	0.020	-	-	850	650	500	比較例
15	0.04	0.99	1.98	0.019	0.001	0.120	0.030	0.0030	-	870	680	480	比較例
16	0.04	0.51	1.51	0.012	0.001	0.250	-	-	-	890	880	350	比較例
17	0.04	0.51	1.51	0.011	0.001	0.150	0.013	-	-	890	870	500	比較例
18	0.05	0.90	2.00	0.018	0.003	0.080	0.030	-	-	900	670	450	比較例
19	0.05	0.68	1.59	0.017	0.002	0.220	-	-	-	890	720	500	比較例
20	0.05	0.52	1.50	0.018	0.001	0.150	0.032	0.0030	-	920	700	520	比較例
21	0.06	0.76	1.53	0.019	0.005	0.250	-	-	-	920	680	500	比較例

【0025】

※ ※ 【表2】

No.	引張強さ N/mm <sup>2</sup>	伸び %	λ 値 %	組織	フェライトの 占有率%	計算式の 値	区分
1	786	24.0	115	F+B	82	153.5	本発明例
2	785	24.0	113	F+B	83	124.1	本発明例
3	819	22.5	121	F+B	85	180.3	本発明例
4	787	24.0	103	F+B	88	229.3	本発明例
5	807	23.0	117	F+B	86	168.1	本発明例
6	831	18.0	120	F+B	81	140.7	本発明例
7	784	24.0	118	F+B	83	153.3	本発明例
8	988	14.0	110	F+B	80	115.5	本発明例
9	789	23.0	115	F+B	82	148.5	本発明例
10	807	23.5	119	F+B	81	191.5	本発明例
11	803	23.0	117	F+B	85	168.0	本発明例
12	843	15.0	105	F+B	82	72.1	比較例
13	845	13.0	100	F+B	81	85.3	比較例
14	819	22.0	80	F+B	78	31.8	比較例
15	786	21.7	108	F+B	79	84.1	比較例
16	868	13.0	110	F+B	78	77.8	比較例
17	805	18.0	102	F+B	79	80.7	比較例
18	803	23.0	85	F+B	79	80.7	比較例
19	825	18.0	162	F+B	80	69.6	比較例
20	802	20.8	114	F+B	80	72.8	比較例
21	832	17.0	145	F+B	83	74.1	比較例

注) F:フェライト、B:ベイナイト、

【0026】このようにして得られた熱延鋼板について、JIS5号試験片による引張試験、穴抜け試験、組織観察を行なった。また、穴抜け試験は初期穴径(d<sub>0</sub>: 50 10mm)打抜き穴を60°円錐ポンチにて押し抜け、クラッ

クが板厚を貫通した時点での穴径 (d) から穴抜け値 ( $\lambda$  値)  $= (d - d_0) / d_0 \times 100$  を求めて評価した。これらの結果を表2に示す。

【0027】No. 1~11は、化学成分、仕上温度、空冷開始温度、巻取温度の何れも本発明の範囲内であって、式、即ち、 $(917 - 480[\text{C}\%] + 100[\text{Si}\%] - 100[\text{Mn}\%]) - (790 \times ((\text{Ti}\% + [\text{Nb}\%]/2)^{0.05}))$ 、によって計算される値が 115~235 の間である本発明例であり、高い $\lambda$ 値と伸びを有する穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板である。一方、No. 12~21の本発明の条件を外れた比較例では強度、穴抜け性、延性のバランスに劣るものである。

【0028】またNo. 1に示す成分の鋼を用いて仕上温度 920℃、空冷開始温度 630℃、巻取温度 450℃として熱間圧延した場合には空冷開始温度が本発明の範囲より低過ぎたために、組織にパーライトが生成し、またフェライトの占有率も75%と低いものであって、従って伸び21%、 $\lambda$ 値95%となり、穴抜け性、延性バランスにおいて劣るものとなってしまった。また、同様にNo. 1に示す成分の鋼を用いて仕上温度 900℃、空冷開始温度 700℃、巻取温度 330℃として熱間圧延した場合には巻取温度が本発明の範囲より低過ぎたために、組織にマルテンサイトが生成し、またフェライトの占有率も65%と低いものであって、従って伸び19%、 $\lambda$ 値83%となり、やはり穴抜け性、延性バランスにおいて劣るものとなっ\*

\* てしまった。

【0029】図1には引張強度770~820N/mm<sup>2</sup>の高強度熱延鋼板の伸びと $\lambda$ 値のバランスを示すが本発明鋼は比較鋼に対して良好な伸びと $\lambda$ 値を有していることが判る。このような本発明鋼の優れた特性は、図2、3に示すように、式によって計算される値を 115~235 の間とした結果もたらされたものである。尚、図2、3も引張強度770~820N/mm<sup>2</sup>の高強度熱延鋼板に関する。

【0030】

【発明の効果】以上に詳述したように、本発明によれば引張強度が770N/mm<sup>2</sup>以上の高強度で穴抜け性、延性が両立する高強度熱延鋼板を経済的に提供することができるので本発明鋼は高強度熱延鋼板として好適である。また、本発明の高強度熱延鋼板は車体の軽量化、部品の一体成形化、加工工程の合理化が可能であって、燃費の向上、製造コストの低減を図ることができるものとして工業的価値大なものである。

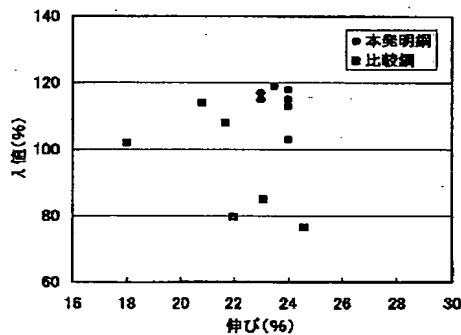
【図面の簡単な説明】

【図1】 高強度熱延鋼板の伸びと $\lambda$ 値の相関を示す散布図である。

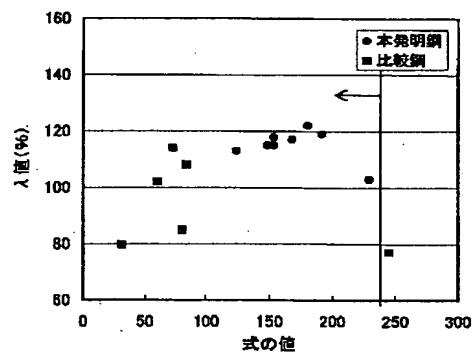
【図2】 計算式の値と $\lambda$ 値の相関を示す散布図である。

【図3】 計算式の値と伸びの相関を示す散布図である。

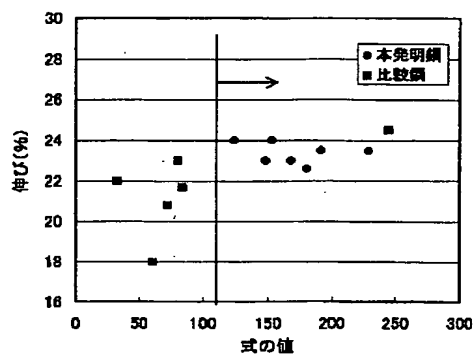
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 岡本 力  
愛知県東海市東海町5-3 新日本製鐵株  
式会社名古屋製鐵所内

Fターム(参考) 4K037 EA05 EA09 EA15 EA16 EA19  
EA23 EA25 EA27 EA28 EA31  
EA36 EB05 EB08 EB09 EB11  
FC04 FC07 FD03 FD04 FD08  
FE01 FE02 FE06 JA06